

Japanese Patent Laid-open No. HEI 7-320538 A

Publication date : December 8, 1995

Applicant : Denki Kagaku Kogyo K.K.

Title : INSULATING MATERIAL COMPOSITION, CIRCUIT BOARD USING
5 THE INSULATING MATERIAL COMPOSITION, AND MODULE USING THE
CIRCUIT BOARD

(57) [Abstract]

[Object] To provide an insulating material composition that is used in an
10 electronic component for an electric equipment, a communications equipment,
an automobile or the like and that can keep a high thermal conductivity and a
high electric insulation for a long period of time, a metal base circuit board
using the insulating material composition, and a module using the metal base
circuit board.

15 [Constitution] An insulating material composition obtained by hardening a
mixture of an inorganic filler and a resin, having a thermal conductivity of
 3.0×10^{-3} cal/cm \cdot sec \cdot °C or more, and a dielectric constant of 4.5 or less. A
metal base circuit board that uses this insulating material composition and a
module that uses this metal base circuit substrate composition.

20 [Effect] The insulating material composition of this invention has a high thermal
conductivity and a high dielectric constant. The metal base circuit board and
the module each using the insulating material composition has a high
discharge starting voltage, can keep a high electric insulation for a long time,
and has a high reliability.

25

[0012]

[Means to Solve the Problems] According to the present invention, there is provided an insulating material composition that is obtained by hardening a mixture of an inorganic filler and a resin and that has a thermal conductivity of
5 3.0×10^{-3} cal/cm·sec·°C or more and a dielectric constant of 4.5 or less.

[0013] Further, according to the present invention, the insulating material composition is characterized in that the inorganic filler includes one of or two or more of boron nitride, diamond, and beryllium oxide.

10 [0021] A particle size of the inorganic filler is preferably 15 micrometers or less. If the particle size is larger than 15 micrometers, the mixture of the inorganic filler and the resin tends to have a defect or a void tends to remain in the insulating layer after hardening. As a result, the thermal conductivity is deteriorated and the electric insulation is lowered, so that a desired insulating
15 material cannot be obtained. If the particle size is 15 micrometers or less, a crushed object of a sintered body or the like can be used similarly to an ordinary powder. As for a particle shape, since it is desirable to fill the inorganic filler at a high filling factor so as to improve the thermal conductivity, a shape close to a sphere is preferable.

20 [0022] As the boron nitride, one of various boron nitrides such as h-BN, P-BN, c-BN, and t-BN can be used. In addition, a mixture thereof can be used. Among them, h-BN is preferable since it belongs to a hexagonal group, has high electric insulation and can be obtained at a low cost. The crystallinity of the hexagonal boron nitride is indicated by the degree of graphitization (GI
25 value) as a criterion. The GI value is calculated from diffraction strengths

(peak areas) of a (100) plane, a (101) plane, and a (102) plane for X-ray diffraction using the following equation (1).

[0024] The lower the GI value is, the higher the crystallinity is. A GI value of
5 hexagonal boron nitride that has been completely crystallized is 1.4. The
crystallinity of the hexagonal boron nitride used in the present invention is
preferably 2.0 or less, more preferably 1.6 or less. Hexagonal boron nitride
having a degree of graphitization which exceeds 2.0 normally,
disadvantageously has a low purity, tends to generate a gas when being mixed
10 with a resin to cause a void, and has a low electric insulation or a low thermal
conductivity.

Table 1

	Example
15	Comparison example
	Resin type
	Bisphenol-F epoxy resin
	Bisphenol-A epoxy resin
20	
	Inorganic filler
	Type
	Boron nitride
25	Diamond

	Beryllium oxide
	Boron nitride* + Beryllium oxide
	Boron oxide
	Aluminum oxide
5	
	GI value
	Mean particle size
	Filling factor
10	
	Surface treatment agent
	Hexamethyldisilazane
	Epoxy silicon
	Aminosilane
15	
	Thermal conductivity
	Dielectric constant
	Discharge starting voltage
	Mean fracture time
	Transistor temperature
20	
	* Boron nitride: beryllium oxide = 1:1 (volume ratio)

引用例2の写し

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-320538

(43) 公開日 平成7年(1995)12月8日

(51) Int. Cl. ⁴	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 B 3/00	A			
B 3 2 B 15/08	J			
H 0 5 K 1/05	A			

審査請求 未請求 請求項の数5 O L (全 5 頁)

(21) 出願番号	特願平6-113046	(71) 出願人	000003296 電気化学工業株式会社 東京都千代田区有楽町1丁目4番1号
(22) 出願日	平成6年(1994)5月26日	(72) 発明者	福田 誠 群馬県渋川市中村1135番地 電気化学工業株式会社渋川工場内
		(72) 発明者	米村 直己 群馬県渋川市中村1135番地 電気化学工業株式会社渋川工場内
		(72) 発明者	梅沢 宏之 群馬県渋川市中村1135番地 電気化学工業株式会社渋川工場内

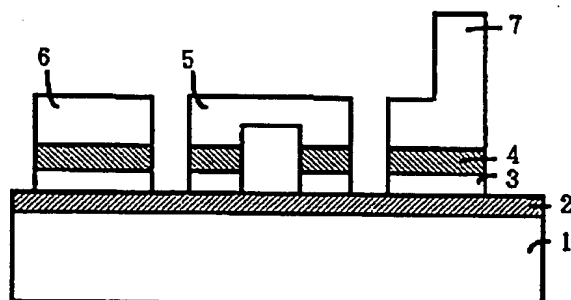
(54) 【発明の名称】 絶縁材料組成物及びそれを用いた回路基板とモジュール

(57) 【要約】

【目的】 電気機器、通信機、自動車用途などの電子部品に用いられる高熱伝導性でしかも高電気絶縁性を長期に渡り維持し得る絶縁材料組成物と、これを用いた金属ベース回路基板、更にこれを用いたモジュールを提供すること。

【構成】 無機充填材と樹脂からなる混合物を硬化させてなり、その熱伝導率が $3.0 \times 10^{-3} \text{ cal/cm} \cdot \text{sec} \cdot ^\circ\text{C}$ 以上であり、しかも比誘電率が4.5以下である絶縁材料組成物を構成とする。又、この絶縁材料組成物を用いた金属ベース回路基板、更に、この金属ベース回路基板を用いたモジュールである。

【効果】 本発明の絶縁材料組成物は熱伝導率が高く、しかも比誘電率が低いので、これを用いた金属ベース回路基板及びモジュールは、放電開始電圧が高く長期に渡り電気絶縁性が維持でき、信頼性が高い。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 無機充填材と樹脂からなる混合物を硬化させてなり、その熱伝導率が $3.0 \times 10^{-3} \text{ cal/cm} \cdot \text{sec} \cdot ^\circ\text{C}$ 以上であり、しかも比誘電率が4.5以下であることを特徴とする絶縁材料組成物。

【請求項2】 無機充填材が、窒化硼素、ダイヤモンド、酸化ベリリウムのうちの1種又は2種以上を含む請求項1記載の絶縁材料組成物。

【請求項3】 無機充填材が、黒鉛化度(GI値)が2.0以下の六方晶窒化硼素を含むことを特徴とする請求項1記載の絶縁材料組成物。

【請求項4】 金属板に請求項1、2又は3記載の絶縁材料組成物を介して導電箔を積層してなる回路基板。

【請求項5】 請求項4記載の回路基板を用いてなるモジュール。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は電気機器、通信機、自動車用途などの電子部品に用いられる絶縁材料組成物とこれを用いた金属ベース回路基板、更にこれを用いたモジュールに関するものである。

【0002】

【従来の技術】 金属ベース回路基板、半導体素子その他の電子、電気部品の封止材、接着剤或いはポッティング剤の用途に高熱伝導、高耐電圧の絶縁材料が要求されている。例えば、金属ベース回路基板は、ハイパワー分野に使用されるため、その基板の絶縁層には、高電気絶縁性及び高熱伝導性といった性能が要求される。更に、回路の小型化、高機能化を目的に回路の高周波化が進んでおり、比誘電率の低い回路基板及びそのための絶縁材料が望まれている。特に、近年IGBT素子等のパワー素子が搭載されるようになり、低誘電率で、高電気絶縁性を有し、しかも高熱伝導性を兼ね備えている金属ベース回路基板が要求され、その絶縁層を形成するための絶縁材料組成物が必要とされている。

【0003】 金属ベース回路基板においては、酸化アルミニウム等を充填した樹脂からなる電気絶縁性の接着剤にて金属板と導電箔とを接着するが、この接着剤が硬化した絶縁材料は金属板上に絶縁層を形成している。金属ベース回路基板の諸特性は絶縁層、従って絶縁材料の特性に大きく左右されるので、いろいろな組成物が開示されてきた。

【0004】 例えば、特開平2-286768号公報には、特定の粒子径の無機充填材を用いることにより、無機充填材を高充填することができ、熱伝導率が高い回路基板用絶縁接着剤組成物が得られ、その接着剤組成物を介して金属基板と導電箔とを積層し回路基板を得ていることが開示されている。

【0005】 また、特開平6-44824号公報には、純度90%以上のビスフェノールA型エポキシ樹脂に酸化

アルミニウム、窒化アルミニウム、窒化硼素の無機充填材を充填し、熱伝導率が $5.0 \times 10^{-3} \sim 18.0 \times 10^{-3} \text{ cal/cm} \cdot \text{sec} \cdot ^\circ\text{C}$ であり、かつガラス転移温度が $164 \sim 240^\circ\text{C}$ である絶縁材料とこれを用いた回路基板が開示されている。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】 しかし、酸化アルミニウム(比誘電率9.0)のような高比誘電率の物質を高充填した樹脂からなる絶縁材料に於いては、無機充填材の充填量が多くなるにつれて、絶縁材料の比誘電率が高くなる。またこれと同時に粘度が高くなりボイドの巻き込みが多くなるため、電気絶縁性が低下し耐電圧特性が低下するという問題があった。

【0007】 一般的に、層状の絶縁材料中に存在するボイドにかかる電圧は、絶縁材料の比誘電率が高いほどボイドに高電圧が印加されるので、ボイドで放電し易くなる。このため、充填材の比誘電率が高いほど、絶縁層従ってこれを用いた回路基板の電気絶縁性は低下しやすい。

【0008】 また、回路基板は、その使用条件下で次第に電気絶縁性が劣化して最終的には絶縁破壊現象を起こし寿命に至ることが知られている。電気絶縁性の劣化の進み方は、その初期段階でボイド等の絶縁層内部で部分的な放電現象を呈し、この部分的な放電が絶縁層の劣化を促進し、ついには絶縁層を通過する放電現象を引き起こし絶縁破壊に至る。従って、電気絶縁性の長期信頼性を達成するには、放電開始電圧を高くすることが大切である。

【0009】 従来の金属ベース回路基板では、高熱伝導性を重視して無機充填材として比誘電率の高い酸化アルミニウムを主に用いていた。もしくは電気絶縁性を重視して無機充填材を添加しないか、もしくは添加しても少量のみの充填にとどめていた。前者は高熱伝導性を有するが電気絶縁性が低く長期信頼性が劣り、後者では電気絶縁性に優れるが熱伝導性が劣るので高放熱性を要求される用途には利用できなかった。このように、高熱伝導性を維持しながら、高電気絶縁性とその長期信頼性を兼備することは難しいという問題があった。

【0010】 本発明の目的は、高熱伝導性で、かつ、高電気絶縁性を長期に渡り維持できる金属ベース回路基板等に用いる絶縁材料組成物を提供することにある。

【0011】 また、本発明は、高出力の素子を高密度で搭載しても、熱放散性に優れ、電気絶縁性に優れ信頼性の高い回路基板及びモジュールを提供することを目的とする。

【0012】

【課題を解決するための手段】 本発明は、無機充填材と樹脂からなる混合物を硬化させてなり、その熱伝導率が $3.0 \times 10^{-3} \text{ cal/cm} \cdot \text{sec} \cdot ^\circ\text{C}$ 以上であり、しかも比誘電率が4.5以下であることを特徴とする絶縁材料組成物である。

【0013】又、本発明は、該無機充填材が窒化硼素、ダイヤモンド、酸化ベリリウムのうちの1種又は2種以上を含むことを特徴とする絶縁材料組成物である。

【0014】又、本発明は、該無機充填材が黒鉛化度(GI値)が2.0以下の六方晶窒化硼素を含むことを特徴とする絶縁材料組成物である。

【0015】更に、本発明は、熱伝導率が $3.0 \times 10^{-3} \text{ cal/cm} \cdot \text{sec} \cdot ^\circ\text{C}$ 以上であり、しかも比誘電率が4.5以下である絶縁材料組成物を介して導電箔を積層してなる回路基板であり、加えて、該回路基板を用いてなるモジュールである。

【0016】以下、図面により本発明を詳細に説明する。本発明の絶縁材料組成物で絶縁層を形成してなる金属ベース回路基板を用いたモジュールの断面図を図1に示す。金属板1上に、本発明の絶縁材料組成物よりなる絶縁層2を介して導電箔3が積層された金属ベース回路基板を得た後、エッチング等の処理を施し、セラミックステップ部品5、半導体素子6、端子7等をハンダ4を介して積層した構成からできている。

【0017】ここで金属板1には、板厚0.5~3.0mm程度のアルミニウム及びアルミニウム合金、銅、鉄、ステンレス系合金及びインバー系多層金属等が用いられる。

【0018】絶縁層2は、無機充填材と樹脂を混合し硬化させた絶縁材料組成物であり、熱伝導率が $3.0 \times 10^{-3} \text{ cal/cm} \cdot \text{sec} \cdot ^\circ\text{C}$ 以上でしかも比誘電率が4.5以下である。絶縁層2の比誘電率が4.5を越えると、放電開始電圧が極端に低下して放電劣化が生じ易くなり、回路基板の電気絶縁性の長期信頼性が著しく損なわれる。熱伝導率については、 $3.0 \times 10^{-3} \text{ cal/cm} \cdot \text{sec} \cdot ^\circ\text{C}$ 未満であるとパワー素子から発生する熱を効率よく放出することができず、素子の温度がジャンクション温度(約150℃)を越え、素子が誤動作したり寿命が短くなる。

【0019】絶縁層2を形成する絶縁材料組成物に使用される樹脂としては、エポキシ樹脂、シリコン樹脂、BTレジン、ポリイミド樹脂等が用いられる。エポキシ*

$$GI \text{ 値} = ((100) \text{ 面積} + (101) \text{ 面積}) / ((102) \text{ 面積}) \cdots (1)$$

【0024】GI値の小さいほど、結晶性が高い。完全に結晶化が進んだ六方晶窒化硼素でGI値は1.4となる。本発明で用いる六方晶窒化硼素の結晶性は、2.0以下が好ましいが、より好ましくは1.6以下である。黒鉛化度が2.0を越える六方晶窒化硼素は、一般的に純度が低く、樹脂との混合時にガスを発生してボイドを巻き込み易く耐電気絶縁性が低い、もしくは熱伝導性が低いという問題が発生する。

【0025】前記の窒化硼素は、樹脂と窒化硼素の界面の接着性を高めるために、シリコンカップリング剤、チタネートカップリング剤、シリル化剤等にて表面処理を施したものが良い。これらのうち有機シラン化合物で表面処理を施したものがより好ましい。また、表面処理剤による窒化硼素の表面処理は、樹脂と窒化硼素の混合

*樹脂としては、ビスフェノールA型エポキシ樹脂、ビスフェノールF型エポキシ樹脂が低粘度であり、無機充填材の高充填に適しており、好ましい。絶縁層2の厚みについては特に規定するものでないが、絶縁破壊電圧と熱抵抗とのバランスを考慮すると20~500 μm が好ましい。

【0020】又、絶縁層2を形成する絶縁材料組成物に使用される無機充填材は、比誘電率の低い物質であることが必須である。熱伝導率が $3.0 \times 10^{-3} \text{ cal/cm} \cdot \text{sec} \cdot ^\circ\text{C}$ 以上であり、しかも比誘電率が4.5以下である絶縁材料組成物を得るためには、酸化ベリリウム、ダイヤモンド、窒化硼素が選択される。経済性または安全性を考慮すると窒化硼素が工業的に最も好適な無機充填材である。又、これらの1種又は2種以上を含み、目的とする所望の熱伝導率と比誘電率が得られれば、他のアルミナ等の無機充填材と併用しても良い。

【0021】これらの無機充填材の粒子径については、15 μm 以下が好ましい。15 μm を越えると、樹脂との混合においてブツが発生し易くなったり、硬化後の絶縁層中にボイドが残留し易くなり、熱伝導率の低下や電気絶縁性の低下が生じ所望の絶縁材料を得られない。15 μm 以下であれば、焼結体の破砕物等も、通常の粉末と同様に用いることができる。又、粒子形状については、熱伝導率を向上させるために無機充填材を高充填することが望ましく、球に近い形状のものが好ましい。

【0022】前記窒化硼素としては、h-BN、P-BN、c-BN、t-BN等いろいろなものが用いられるが、これらを混合して用いることも可能である。特にh-BNは六方晶系に属し電気絶縁性が高く、安価に入手できる原料であり好ましい。六方晶窒化硼素の結晶性は、その目安として黒鉛化度(GI値)で示される。GI値は、X線回折による(100)(101)(102)面の回折強度(ピーク面積)より、式(1)で算出したものである。

【0023】

【数1】

時に表面処理剤を添加することによっても可能である。

【0026】窒化硼素の配合割合は、40vol%以上85vol%以下が良いが、好ましくは50vol%以上70vol%以下である。窒化硼素の配合割合が40vol%以下では、得られる絶縁材料組成物の熱伝導率が $3.0 \times 10^{-3} \text{ cal/cm} \cdot \text{sec} \cdot ^\circ\text{C}$ に達しない。一方、85vol%を越えると、前記の表面処理を施しても、弾力性のある樹脂混合物が得られず、その硬化物もボロボロの状態なので、本発明の目的を達し得なくなる。50vol%以上70vol%以下の場合に、高熱伝導率で、しかも低比誘電率のバランスのとれた絶縁材料組成物を安定して製造することができる。

【0027】導電箔3については、導体回路用銅箔、複合箔又は銅、アルミニウム、ニッケル等の金属を2種類以上含む合金又は前記金属を使用したクラッド箔等の汎

用のものが用いられる。その厚みは、 $5\mu\text{m}$ から 1mm である。又、ワイヤーボンディング特性を付与するためにニッケルメッキ、ニッケル-金メッキを導電箔上に施してもかまわない。

【0028】

【作用および実施例】以下、実施例について具体的に説明する。

(実施例1) 窒化硼素粉(電気化学工業(株)製、GPS-2)をヘキサメチルジシラザン(東芝シリコン(株)製)と混合してシリル化処理した窒化硼素粉を作製した。このシリル化処理した窒化硼素粉を無機充填材として、ビスフェノールF型エポキシ樹脂に61vol%充填した混合物を作製した。この混合物にアミン系硬化剤を加え、加熱硬化して得た硬化物について、以下に示す熱伝導率測定と比誘電率測定を行った。次に、前記混合物を 1.5mm 厚みのアルミニウム板に塗布して厚さ $100\mu\text{m}$ の層を形成し、更に、その上に厚さ $35\mu\text{m}$ の銅箔を積層して加熱することで金属ベース回路基板を作製した。この回路基板を用いて、以下に示した放電開始電圧測定及びトランジスターの通電時の上昇温度測定を行った。又、回路基板の絶縁破壊寿命を調べるためにV-t特性の測定を繰り返し数20個にて実施した。得られた結果を表1に示す。

【0029】<熱伝導率の測定方法>厚さ 2mm ×直径 10mm の円盤形の試験片を用い、レーザーフラッシュ法熱伝導率測定装置(理学電機工業(株)製「LF/TCM-FA-8510B」)により、ATTレンジ; $20\mu\text{V}$ 、サンプリングレート; $1000\mu\text{s}$ 、フィルター; 100Hz で測定した。

【0030】<比誘電率の測定方法>JIS C6481に基づき、測定周波数 100kHz 、測定温度 25°C で行った。

【0031】<放電開始電圧の測定方法>作製した金属ベース基板上に、エッチング法により直径が 20mm の円電極パターンを作製した。ベース金属部とパターン部との間の放電開始電圧を部分放電測定器(三菱電線工業(株)、QM-20)で、測定周波数 100kHz で測定した。

【0032】<トランジスター上昇温度の測定方法>金属ベース基板の導電箔をエッチングして $10\times 15\text{mm}$ のパッド部を形成し、この上にトランジスター(T0-220、(株)東芝製)をハンダ付けした。金属板面側を冷却しながら、トランジスターに 100W 通電してトランジスター上面での温度を測定した。

【0033】<V-t特性の測定方法>金属ベース基板上に、エッチング法によって直径が 20mm の円電極パターンを作製し、ベース金属部とパターン部との間にAC半波 2kV の電圧を印加した。測定は試験を促進するために 125°C の環境下で行った。電圧印加開始から絶縁破壊に至るまでの時間を測定しワイブルプロット法により平均寿命を算出した。

【0034】(実施例2~9、比較例1~4)無機充填材として、市販のいろいろな粒度の窒化硼素、ダイヤモンド、酸化ベリリウム、酸化アルミニウム等を準備し、表1に示す配合割合で、実施例1と同じ方法で、各種の絶縁材料組成物の硬化物を作製し、熱伝導率及び比誘電率を測定した。尚、一部のものでは、表面処理を施さないものも作製した。更に、前記絶縁材料組成物を用いて回路基板を作製し、実施例1と同様に、放電開始電圧測定、トランジスター上昇温度測定及びV-t特性測定を行った。結果を実施例1の結果とともに表1に示す。

【0035】

【表1】

No	絶縁の組成	絶縁充填材				表面処理剤	熱伝導率	比誘電率	放電開始電圧	平均破損時間	トンナリ温度
		組成	GI値	平均粒径	充填率						
		-	-	μm	vol%	-	$\times 10^{-3} \text{ cal/cm}^2 \cdot \text{sec} \cdot ^\circ\text{C}$	-	kV	hr.	$^\circ\text{C}$
絶縁性	1	EA7.1/-BF型1種+絶縁	酸化銅系	1.4	2.5	61	4.91169999	4.2	2.2	>10000	71
	2	EA7.1/-BA型1種+絶縁	酸化銅系	1.8	3.5	55	1.84444444	4.1	2.2	>10000	78
	3	EA7.1/-BF型1種+絶縁	酸化銅系	1.4	4.0	50	1.84444444	4.0	2.3	>10000	128
	4	EA7.1/-BF型1種+絶縁	酸化銅系	1.5	3.0	45	1.84444444	3.9	2.4	>10000	145
	5	EA7.1/-BF型1種+絶縁	シリコン	-	1.2	50	-	4.4	2.1	>10000	74
	6	EA7.1/-BF型1種+絶縁	酸化ベリリウム	-	2.1	65	-	4.5	2.1	>10000	49
	7	EA7.1/-BF型1種+絶縁	酸化銅系	2.0	8.7	72	1.84444444	4.3	2.2	>10000	55
	8	EA7.1/-BF型1種+絶縁	酸化銅系	1.8	13.8	81	7.11111111	4.4	2.1	>10000	40
	9	EA7.1/-BF型1種+絶縁	酸化銅系 + 酸化ベリリウム	-	-	74	-	4.5	2.1	>10000	44
比較例	1	EA7.1/-BF型1種+絶縁	酸化銅系	-	5.0	70	1.84444444	3.7	2.5	>10000	>150
	2	EA7.1/-BF型1種+絶縁	酸化ベリリウム	-	14.8	73	-	7.8	1.2	2100	75
	3	EA7.1/-BF型1種+絶縁	酸化銅系	3.5	3.5	35	-	1.3	3.8	>10000	>150
	4	EA7.1/-BF型1種+絶縁	酸化銅系	-	4.5	58	1.84444444	5.8	1.7	2300	119

* 酸化銅系：酸化ベリリウム=1:1 (体積比)

【0036】

【発明の効果】本発明によれば、熱伝導率が高く、しかも比誘電率が低く電気絶縁性に優れた絶縁材料組成物が得られ、又、放電開始電圧が高く長期信頼性に優れた回路基板及びモジュールを得ることができた。本発明の絶縁材料組成物は熱伝導率が高く、しかも比誘電率が低いので、半導体素子の封止材としても好適である。

【0037】

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の金属ベース回路基板を用いたモジュールの断面図である。

1. 金属板
2. 絶縁層
3. 導電箔
4. ハンダ
5. セラミックスチップ部品
6. 半導体素子
7. 端子

【図1】

